F. P. C. SIRAGUSA

LA CLOROFILLA

STATO ATTUALE DEGLI STUDI SULLA SUA NATURA,

SUA INFLUENZA

NELLE DIVERSE FUNZIONI VEGETALI.

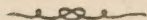
PALERMO
TIPOGRAFIA DI PIETRO MONTAINA & COMP.
Corso V. E. vic. Lombardo, 16.
1879.

F. P. C. SIRAGUSA

LA CLOROFILLA

STATO ATTUALE DEGLI STUDI SULLA SUA NATURA,

SUA INFLUENZA

NELLE DIVERSE FUNZIONI VEGETALI.

PALERMO
TIPOGRAFIA DI PIETRO MONTAINA & COMP.
Corso V. E. vic. Lombardo, 16.
1879.

(1) I botanici che hanno studiato la natura istologica della clorofilla, da Andrea Comparetti, il primo che nella sua opera *Prodromo de fisica vegetabile* (Padova 1791), parlò della sostanza verde dei vegetali, sino ai nostri

(1) *Bibliografia* — Arthur. Gris. *Ann. des sc. nat.* t. VII, 1857. p. 179. — J. Sachs. *Tr. de bot.* 1874, pp. 62, 865, 890, 1025. — Fremy. *Comp. rend.* 1877, t. LXXXIV , p. 983. — Trécul. *Ann. des sc. nat.* 1858, t. X, p. 135. — Id. *Com. rend.* 1877, t. LXXXIV, p. 990. — Briosi. *Nuov. gior. bot. ital.* 1875, vol. VII, p. 109. — Idem. *Idem.* 1877, Vol. IX. — Selmi, *Enc. chim.* 1870, vol. IV, p. 616. — Guillemare e Lecourt. *Comp. rend.* 1877, t. LXXXIV, p. 984. — Filhol. *Comp. rend.* 1874. — Duchartre. *Tr. de bot.* 1877, p. 110. — Idem. *Rec. de rap. etc.* 1868, pp. 215, 370. — Chautard. *Ann. de chim. e phys.* 1874, ser. 5ª, t. III. — Micheli. *Arch. des sc. phys. et nat.* t. LVI, 1875. — Idem. *Idem.* t. LVIII, 1877, p. 249. — Schnetzler. *Arch. des sc. phys. et nat.* 1877, t. LVIII, p. 388 — Millardet. *Note sur une substance colorante nouvelle decouverte dans la tomate.* Nancy 1876. — Boussingault. *Comp. rend.* t. LXXXII, 1876, p. 939. — Guillemin. *Ann. des sc. nat.* 1857, t. VII, p. 154. — Hellwald. *La terra e l'uomo.* Traduz. di Strafforello, p. 279. — Prillieux. *Comp. rend.* 1874. — Idem. *Ann. des sc. nat.* 1874,

giorni possono dividersi in due scuole. Alcuni hanno creduto alla natura vescicolare di questo corpo come Sprengel, Treviranus, Turpin, Raspail, Agardh, Mirbel, Link, Nägeli, Goeppert, Cohn, etc., tra cui Sprengel e Treviranus credettero che le vescicole di clorofilla dessero origine alle nuove cellule, avendo appresso come seguaci Turpin e Raspail; altri come Moldenhawer, Wallenberg, Meyen, Mohl, hanno sostenuto che la clorofilla si trovi nelle piante, o allo stato amorfo, o a quello granulare.

Sarebbe inutile il fare qui un'esposizione delle diverse opinioni, anteriori agli ultimi studi, val quindi meglio esporre lo stato attuale delle nostre conoscenze.

La clorofilla ci pare utile studiarla da due aspetti, da quello della sua origine e formazione, e da quello delle sue proprietà fisico-chimiche. Pel primo abbiamo sinora i dati seguenti:

La clorofilla è contenuta in quantità piccolissima, in corpi protoplasmici; (corpi clorofillei o secondo Böhm

t. XIX, p. 108. — Cossa. *L'agr. ital.* 1875. — Wyville Thomson. *Les abimes de la mer.* 1875.— Corenwinder. *Rev. scient.* 1874. — Gautier. *Rev. scient.* 1877, an. VI, serie, 2ª p. 765. — Timiriazeff. *Comp. rend.* 1877. — Saint-Pierre e Magnien. *Comp. rend.* 1876.— Hekel. *Comp. rend.* 1874. — Claude Bernard. *Rev. scient.* 1877, An. VII, ser. 2ª, p. 162.— P. Bert. *Rev. scient.* 1878, An. VII, ser. 2ª, p. 981.

clorofori) può provarsi che la quantità di clorofilla contenuta in detti corpi sia piccolissima, estraendola per mezzo dell'alcool, etere, cloroformio, benzina, olio grasso o essenziale, ed allora il corpo clorofilleo conserva, non solo la sua forma, ma anche il suo volùme. I clorofori possono essere di forma arrotondata, ovoidea, oblunga o poliedrica, ed avendo una qualsiasi di queste forme prendono il nome di grani di clorofilla. La loro dimensione, secondo il Mohl, è ordinariamente di 1[133 ad 1[111 di millimetro. La sostanza verde è sparsa, alle volte egualmente, alle volte inegualmente, in tutta la massa dei grani.

Con un semplicissimo esperimento, trovato da Schnetzler può provarsi la presenza negli organi vegetali della clorofilla allo stato granulare. Immergendo un organo in una soluzione satura di borace, se contiene sostanze coloranti allo stato liquido, queste si diffondono rapidamente nella soluzione, mentre le sostanze coloranti, solide o granulose, non si diffondono; se vi sono sostanze liquide e granulose si diffondono le prime, restando scoperte le seconde. Ora se l'organo contiene solo clorofilla, resta verde anche dopo una lunghissima immersione, se la clorofilla è mascherata da qualche liquido colorante, come nelle foglie rosse dell' Atriplex hor-

tensis, la sostanza rossa si diffonde e le foglie restano verdi, come anche ciò avviene nelle Floridee. Nelle Diatomee del pari, la sostanza gialla che maschera la clorofilla si diffonde restando le piante verdi.

Il corpo fondamentale protoplasmico è solido, molle, untuoso e sempre privo di quelle granulazioni piccolissime che si trovano sovente mischiate al protoplasma incolore che coesiste nella cellula. Lo strato esterno di questo corpo fondamentale è il più denso e gli altri vanno decrescendo in densità mano mano che si avvicinano al centro. Ma vera differenziazione però non è stata osservata che da Rosanoff, soltanto nei grani sviluppati da un pezzo della Bryopsis plumosa, dove vi hanno due sistemi di laminette incrociate, di densità differente. Ciò costituisce una somiglianza con la differenziazione delle membrane cellulari inspessite.

Allorchè un grano di clorofilla è in contatto con l'acqua, l'assorbe ed allora la massa fondamentale prende dei vacuoli ialini che si gonfiano, interrompendo la massa verde, in modo che l'intiero grano prende l'aspetto vescicolare, e se contiene granuli di amido, questi restano nuotanti in mezzo all'acqua che ha formato il vacuolo; prolungando l'azione dell'acqua la clorofilla si distrugge e i corpi amilacei restano liberi. Però i grani invecchiati presentano maggiore resistenza all'azione dell'acqua.

I clorofori, di cui abbiamo dimostrato l'aspetto e alcune proprietà fisiche, oltre il protoplasma contengono:

1°. Granuli di amido che cominciano a mostrarsi come punti e poi si vanno ingrandendo, potendo arrivare a tal grandezza da invadere tutto il cloroforo in modo, che la sostanza verde non resti che come un sottile rivestimento. Se un grano clorofillico ha una forma speciale, e contiene diversi granuli di amido, questi si distribuiscono in punti determinati.

Non sempre però si trova la presenza dell'amido; infatti il Mohl osservò che in una stessa foglia possono trovarsi, alla superficie, grani di clorofilla privi di amido, e nell'interno forniti di amido, o che anche in tutti i grani della foglia può mancare questa sostanza.

Anche il Briosi osservò, in foglie di diverse varietà di Vitis ed a diverso grado di sviluppo, la clorfilla senza alcuna traccia di amido, e nelle Strelitzie e Muse i grani amilacei erano solo nelle cellule incolori del parenchima, negli stomi e nei vasi crivellati.

2°. Olio, che può presentarsi, o distribuito tra le molecole del protoplasma della clorofilla come nelle Muse e Strelitzie, o in goccie che si dubita provengano da una trasformazione dell'amido preesistente, come nell' Allium cepa e nelle Spirogyra.

3.° Una sostanza rossa o bleu o gialla, ma sempre solubile nell'acqua. (Floridee, Fucus, Diatomee).

4.° Granuli, di natura sinora sconosciuta, sparsi qua e là.

I corpi clorofillei nascono nelle giovani cellule, originati dal protoplasma dove, attorno a certi centri di formazione si condensa, formando grani nettamente limitati; questi possono formarsi, tanto nel protoplasma che riveste la parete cellulare, quanto in quello che riveste il nucleo; se la condensazione avviene tra punti che sono distanti tra loro, allora il grano acquista la forma arrotondata, nel caso inverso, la poliedrica perchè, come è facile comprendere, i grani sviluppandosi si comprimono tra loro e nei punti in contatto si schiacciano formando facce piane. Essi rimangono sempre immersi nel protoplasma che li inviluppa da tutti i lati, anche se sono avvicinati tra loro, in modo che nei grani poliedrici si trova una sottile lamina di protoplasma interposta tra due facce. Ciò fa si che i corpi clorofillei non sono mai in contatto diretto col sugo cellulare.

Una volta formati possono ingrandirsi per intussuscepzione, perchè dotati di uno sviluppo proprio, possono anche moltiplicarsi per istrozzamento, dividendosi un grano in due. L'accrescimento nei grani parietali è pro-

porzionale a quello della membrana cellulare, e se essa si accresce molto, allora ciascun grano si divide in due granuli quasi sempre uguali.

Ciascuna cellula ordinariamente racchiude un gran numero di grani di clorofilla, alle volte però ve ne possono esistere pochi (Selaginella), ma allora sono di una dimensione maggiore; può darsi anche il caso che ve ne sia un solo (Anthoceros), che racchiude nel suo interno il nucleo della cellula, e che se questo si divide, nelle moltiplicazioni cellulari, anche il corpo clorofilleo si divide col nucleo.

Riguardo alla disposizione che i grani clorofillici affettano nella cellula, troviamo che, o sono trascinati dalle correnti protoplasmiche ed ammassati in punti determinati, o prendono la figura stellata (Zygnema), o quella di una fettuccia dritta o avvolta a spirale (Spirogyra), o quella di una grande lamina rettangolare che però finisce col riunirsi verso il centro della cavità cellulare (Mougeotia), o finalmente, come osservò Kny nelle cellule di Osmunda flebilmente, rischiarate, i grani dopo di essersi sviluppati in segmenti, per ripetute bipartizioni si allungano, e possono ramificarsi, se si sdoppiano trasversalmente, come avviene nei Nostoc.

Il colore verde, distintivo speciale della clorofilla, non

è acquistato sempre subito: infatti nelle foglie delle fanerogame che sono in via di formazione; se vegetano all'oscurità, si sviluppano i grani incolori o gialli e quando interviene l'azione della luce allora soltanto inverdiscono; come viceversa, granuli verdi posti nell'oscurità, diventano gialli. Ad ogni modo il colorito della clorofilla non si mantiene sempre, ed anche la sostanza fondamentale presto o tardi si discioglie, come nelle foglie che in autunno stanno per cadere. Alle volte invece i grani si alterano cambiando il colorito verde in giallo o rosso o bruno, e nel medesimo tempo si dividono in frammenti biangolari, o triangolari. L'oscurità prolungata, negli organi verdi, deforma i grani di clorofilla, che poi si dissolvono e finalmente scompariscono interamente dalla cellula.

Tutto quello che abbiamo detto sinora, si riferisce alla clorofilla granulare, ma nelle cellule essa può esistere sotto un altro stato, privo di forma speciale, che Mohl chiamò amorfo, così l'osservò Kny nelle spore di Osmunda, che avvolge il nucleo come una massa amorfa e fioccosa, ed è soltanto alla germinazione che si divide in grani ovali con contorno dapprima confuso e poi nettissimo. Duval-Iouve la vide amorfa in certe cellule interne delle foglie di alcune graminacee, vicino ad

altre cellule contenenti clorofilla granulare. Può vedersi ancora in molti zoospori e nelle Palmellacee dove, tutta la massa del protoplasma, eccetto qualche punto isolato e lo strato più esterno, possiede un colore verde omogeneo.

Più incerti sono i resultati sulle proprietà fisiche e specialmente sulla composizione chimica della clorofilla, perchè, come vedremo, i fisiologi interpretano diversamente uno stesso risultato sperimentale, e questi risultati non sono ancora talmente decisivi da farci adottare una teoria anzichè un'altra.

A somiglianza di quanto vedemmo più sopra, che cioè le vedute dei botanici sulla istologia della clorofilla potevano dividersi in due categorie, anche per la composizione chimica possiamo ammettere due credenze, l'una che la clorofilla sia un corpo unico, l'altra che sia il risultato della miscela di più sostanze.

Sappiamo già che la materia verde può estrarsi dai clorofori per mezzo dell'alcool, dell' etere, cloroformio, benzina, olii grassi ed essenziali, poco tempo addietro Guillemare e Lecourt trovarono che essa era anche solubile nella soda caustica. Altri caratteri che presenta la clorofilla sono i seguenti: Estratta dagli organi vegetali e disseccata ha l'aspetto di una polvere verde-

scura, inalterabile all'aria, infusibile e indecomponibile a 200°, scomponibile a temperatura più elevata, insolubile nell'acqua sia fredda sia bollente, solubile nell'alcool, meno nell'etere, solubile pure negli acidi e negli alcali; l'allumina la precipita e l'idrogeno nascente la riduce scolorandola, come fa con l'indaco; non è un principio immediato ma composto di sostanze diverse come cera, resina, un sale di ferro, etc. la sua formola secondo il Regnault sarebbe $C^{18}H^{9}AzO^{8}$.

Dovremmo ora vedere per quali fatti si è arrivati alla conclusione, che la clorofilla non sia un corpo unico, e su quali fatti si basino quelli che sostengono il contrario, ma dobbiamo, per essere più chiari, esporre prima le sue proprietà ottiche.

Se dagli organi verdi, prima bolliti in acqua e poi disseccati a temperatura non tanto elevata, si estrae la sostanza verde per mezzo di uno dei corpi che abbiamo più volte citati, si ottiene una dissoluzione verde che facilmente si altera alla luce, proporzionalmente alla sua intensità, diventando bruna, verdastra o giallastra. Scomponendo la luce che ha attraversato una soluzione fresca di clorofilla, con un prisma, si ottiene lo spettro che presenta, secondo le osservazioni di Kraus, verificate poi dagli osservatori posteriori, sette strie di

assorbimento, quattro strette, che, meno la prima, presentano gli orli sfumati; esse sono situate nella metà meno rifrangibile dello spettro cioè: la prima nel rosso, la seconda nel ranciato, la terza nel giallo e la quarta nel verde; oltre a ciò la prima stria è nero-chiusa, le altre di mano in mano meno scure, mentre negli intervalli la luce è più flebile tra le strie I e II. più intensa tra le strie II e III, e così di seguito. Le altre tre strie poste nella metà più rifrangibile, turchino, indaco e violetto sono tutte con gli orli sfumati.

Tra queste strie caratteristiche che presenta lo spettro clorofillico, Chautard ne osservò costantemente una nel rosso, precisa, e che, con unico esempio nei liquidi organici, si sdoppia per l'azione degli alcali.

Le foglie viventi presentano uno spettro che in generale coincide con quello ora descritto delle dissoluzioni; le piante intristite, secondo Pringsheim, hanno l' istesso spettro della clorofilla ordinaria, ma molto più sbiadito. Da tutto ciò risulterebbe che la sostanza verde trovasi nei grani come se fosse una soluzione.

Un altro carattere ottico che mostra la clorofilla è la fluorescenza, infatti una soluzione sembra rosso-scura nella luce riflessa e verde in quella trasmessa. Anche nelle piante intristite il Pringhseim trovò che la solu-

zione di clorofilla è fluorescente, ma con colori più sbiaditi di quella ordinaria.

È da un pezzo che alcuni fisiologi hanno ammesso che la clorofilla non sia un corpo unico, ma siccome gli ultimi risultati ottenuti sono i più importanti così ci atterremo a questi.

E dapprima si presenta la teoria di Fremy il quale è d'avviso che la clorofilla sia un miscuglio di due sostanze, l'una gialla che chiama *filloxantina*, e l'altra verde-scuro o bleu che chiama *acido fillocianico*, questi due corpi possono separarsi impiegando, pel primo l'alcool a 62°, e per il secondo l'alcool a 70°, essi si trovano in semplice miscuglio, e nei tessuti la fillocianina trovasi sotto forma di fillocianato di potassa, sicchè la clorofilla risulterebbe dal miscuglio di filloxantina e fillocianato di potassa: in prova di ciò porta il fatto che quando le foglie perdono la clorofilla diventando gialle, perdono nell'istesso tempo una gran quantità di potassa che contenevano.

Che la filloxantina di Fremy sia una sostanza diversa da quella gialla che trovasi nei fiori, sarebbe dimostrato dal fatto che nell'acido solforico concentrato si scioglie in azzurro, mentre la materia gialla dei fiori si scioglie in rosso.

Kraus, poichè vide che trattandosi la soluzione alcoo-

lica di clorofilla con un acido e l'etere, si ottengono due strati: uno giallo nell'etere (*xantina*), e l'altro verde o bleu nell'alcool (*clorina*), venne alle seguenti conclusioni: 1° che la mescolanza di queste due sostanze forma il verde della clorofilla; 2° che la base di questa sostanza è la clorina, colorata in bleu per gli acidi; 3° che le differenti sostanze gialle che vi possono essere mischiate sono prodotti di degradazione.

Hokes porta a quattro i principj formanti la clorofilla, che si distinguono per le proprietà ottiche essendo due verdi e due gialli. La cianina di Fremy corrisponderebbe ad un prodotto di decomposizione, e la filloxantina risulterebbe diversa secondo il modo con cui è preparata. L'istesso autore dice che le piante marine verdi differiscono dalle terrestri pel rapporto secondo il quale questi quattro principi vi sono mescolati, e che le piante di colore olivo hanno un nuovo principio verde, e le rosse uno rosso.

Di fronte alle citate opinioni ne abbiamo altre che, non potendo negare i fatti di sdoppiamento della materia verde, oramai indiscutibili, loro danno una interpretazione diversa. Così Trécul, avea notato già sin dal 1858, che i grani di clorofilla passano dal verde al bleu nei frutti di Atropa belladonna, e dal verde al rosso nei

frutti di Lonicera etrusca ed Asparagus officinalis, nel ricettacolo delle rose e nel peduncolo della Chamaedorea Sartori, in occasione dell'ultima comunicazione di Fremy all'Accademia delle scienze (1877), ricordando questi fatti da lui osservati aggiunge, che siccome la cromula bleu non si sviluppa solo nei grani verdi, ma può impregnare anche la membrana utricolare, e si trova anche in cellule che non hanno clorofilla, e siccome il cambiamento del verde in rosso o ranciato, è una secrezione che continua nella maturazione, anche nelle giovani cellule che si vanno producendo, così non crede che questi fatti possano abbastanza giustificare la teoria di Fremy.

Pringhseim, l'abbiamo detto sopra, avea trovato che lo spettro delle piante intristite presenta, in generale, l'istesso aspetto della clorofilla ordinaria, ma molto più sbiadito. In diverse pubblicazioni egli va all'idea che la clorofilla è principio colorante unico, allato a cui esistono; *l'etiolina*, principio colorante delle foglie intristite che precede l'apparizione della clorofilla, la *xantofilla*, principio colorante delle foglie in autunno che succede alla clorofilla e alle volte può coesistervi, presentando allora la clorofilla un principio giallo, e *l'antoxantina*, principio colorante giallo dei fiori: questi corpi sono de-

rivati, che offrono tutti i caratteri ottici essenziali della clorofilla, e particolarmente le sette strie di assorbimento. In favore dell'autonomia delle modificazioni di questo corpo porta per prova l'indipendenza relativa delle strie d'assorbimento tra loro, per cui ora è una stria, ora un'altra che è alterata rinforzandosi o indebolendosi: sicchè per ammettere un miscuglio di principî coloranti dovrebbe supporsi una combinazione particolare per ciascuna stria, mentre è più semplice e logico ammettere che queste modificazioni delle proprietà ottiche, camminino parallelamente alle trasformazioni chimiche di un solo principio. Come ancora, le soluzioni soprasature d'etiolina, antoxantina e xantofilla danno precipitati senza clorofilla normale mischiata, e i caratteri del loro spettro e l'esistenza delle sette strie della clorofilla derivano dalla loro costituzione, cosa che appoggia l'idea che queste sostanze siano derivate e non parti costituenti di un principio complesso.

Stando all'idea di Pringhseim, la modificazione che produce dalla clorofilla l'antoxantina, sebbene non attacchi i caratteri ottici essenziali, è però sufficiente a dare un diverso risultato chimico tra questo derivato e la filloxantina di Fremy, infatti come notammo, per l'azione dell'acido solforico concentrato, l'una dà un precipitato azzurro e l'altro rosso.

Un fatto viene in appoggio alla teoria del Pringhseim, e fu trovato dal Millardet che scoprì nel Solanum esculentum una sostanza che chiamò *solanorubrina*; questa trovasi nelle cellule in forma di aghi cristallini piccolissimi che tingono il frutto in rosso-vivo; deriva dalla clorofilla, è insolubile nell' acqua, poco nell'alcool, solubile nel solfuro di carbonio, benzina, etere e cloroformio; l'acido solforico la colora in bleu, lo spettro presenta due strie d' assorbimento nel verde, una nel bleu e una nell'indaco. La solanorubrina non è fluorescente. Come vedesi questa sostanza si differenzia, tanto pei caratteri ottici che per quelli chimici, molto più dalla clorofilla, che i derivati di Pringhseim, se quindi dalla clorofilla, può prodursi un corpo così diverso come la solanorubrina, pare logico che si possano produrre corpi meno differenti come l'etiolina, la xantofilla e l'antoxantina. E a questa teoria viene anche in appoggio l' osservazione di Haberlandt, sulla degenerazione in bruno delle foglie delle Conifere, in cui a spese della clorofilla si forma una sostanza bruno-giallastra.

Citeremo ancora l' esperienza di Conrad, che evaporando una soluzione di clorofilla nell' alcool assoluto, trovò, che il residuo trattato con acqua non lascia prodotto giallo insolubile, mentre si ha questo prodotto se

la soluzione è stata preparata con alcool acqueo; in modo che potrebbe credersi che la materia verde sia un principio unico, che però subisca per l'azione dell'alcool acquoso una scomposizione chimica in due sostanze, gialla e verde.

Come può vedersi, dall'esposizione di queste diverse teorie può conchiudersi: 1.° che ammessa anche esatta l'osservazione di Trécul per i casi che cita, non può inferirsene una legge generale, considerando i fatti trovati da Millardet e Haberlandt; 2° che quantunque non possa con sicurezza ammettersi l'una o l'altra delle due teorie citate, le osservazioni fatte rendono più probabile la teoria che ammette, la clorofilla come un corpo unico, capace di produrre derivati e di degenerarsi, formando sostanze di altro colore.

Una domanda può farsi, se cioè la clorofilla nelle diverse classi vegetali presenti modificazioni o sia uguale. Non si hanno sinora, oltre l'opinione già citata di Hokes sulla differenza di rapporto tra le parti costituenti la clorofilla delle piante terrestri e quelle marine, che gli studi di Filhol. Quest'osservatore trovò, che trattando la soluzione di clorofilla con leggere quantità di acido cloridrico, o acidi organici in diverse proporzioni, essa si divideva in un liquido bruno-giallastro ed in una materia solida

quasi nera, che nelle dicotiledoni era amorfa, mentre nelle monocotiledoni era cristallizzata in cristalli microscopici. Questa scoperta è al certo importantissima perchè dimostra, che la differenza tra queste due grandi classi vegetali giunge anche ai caratteri che presenta la clorofilla, ritenuta sinora uguale in tutte le piante; ma da questa osservazione e quella di Hokes, che sono le sole, non si può ancora stabilire un principio generale sicuro.

Distinguendo le sostanze plastiche vegetali, in sostanze non azotate come l'amido, lo zucchero, l'inulina ed il grasso, e sostanze azotate come i corpi albuminoidi, ci è facile il dimostrare la necessità della clorofilla per la loro formazione; infatti le foglie intristite p. e., sono sprovviste di amido; se interviene però l'azione della luce, allora sviluppano dapprima la clorofilla, poi i grani di amido dentro i clorofori e finalmente l'amido formato si spande nei picciuoli, negli internodi e nelle gemme, allora soltanto questi organi cominciano ad accrescersi. L'amido poi secondo le diverse piante o i diversi organi si trasforma, in glucoso e zucchero come nella barbabietola, in inulina, come in diverse piante della famiglia delle Composite, in sostanza grassa, come nelle Crucifere.

In qualche pianta come nell'Allium cepa invece di

formarsi amido negli organi verdi si forma zucchero, e le gocce di olio che esistono nei corpi clorofillei si crede siano una trasformazione dell'amido.

Per le sostanze albuminoidi la clorofilla non è direttamente necessaria, ma siccome pare, dallo stato attuale delle nostre conoscenze, che per formarsi questi corpi, la pianta debba contenere sostanze idrocarbonate e nitrate, e siccome le prime sono formate della clorofilla, così questo corpo è indirettamente necessario, anche per la formazione delle sostanze albuminoidi.

Che le sostanze azotate si formino senza l'intervento diretto dell'azione clorofillica, fu dimostrato da Pasteur che fece vegetare e moltiplicare le cellule di Mycoderma, mettendole in una soluzione di zucchero e sostanze ammoniacali, da ciò il Pasteur dichiarò non necessaria la clorofilla per le sostanze albuminoidi, ma giustamente il Boussingault fe' notare, che siccome l'acido acetico sviluppato per la fermentazione dei Mycoderma deriva dall'alcool, e questo dallo zucchero della soluzione, costituito in origine da una pianta a clorofilla, perciò è necessaria la materia verde per la produzione dei fermenti.

Anche per la produzione dell'amido il Böhm non ammette la necessità della clorofilla, perchè crede, contra-

riamente all'idea di Kraus, che l'amido nelle giovani piante non sia formato a spese dell'acido carbonico scomposto dalla clorofilla, ma che sia derivato dalla riserva nutritiva contenuta nei cotiledoni, e che possa formarsi anche nell'oscurità, o quando le piante sono rischiarate da una luce che è insufficiente a decomporre l'acido carbonico. Per la prima parte di questa teoria possiamo rispondere che l'amido è formato veramente dall'acido carbonico, perchè un seme posto in atmosfera senza acido carbonico, come trovò Boussingault, produce purnondimeno una pianta con foglie verdi, perchè con le reazioni chimiche che avvengono nella germinazione, si sviluppa acido carbonico che va nell'atmosfera, e che può essere impiegato per la formazione degli idrocarburi. Per la seconda parte diciamo, che il fatto trovato dal Böhm è contrario a tutti quelli sinora trovati, e che ammesso come assai esatto, allora dovrebbe essere studiato attentamente e profondamente perchè possa essere interpretato.

La relazione che esiste tra la formazione e le funzioni della clorofilla, e la luce solare, spesso è stata esagerata; è opportuno quindi mostrarla nei suoi giusti limiti.

Il fatto che la luce non è un fattore assolutamente indispensabile a tutte le piante, perchè esse formino la

clorofilla è oramai fuori contestazione, e ne sono prove: 1.° che i cotiledoni delle Conifere contengono clorofilla quantunque, essendo ricoperti dai tegumenti del seme stiano completamente fuori l'azione luminosa, infatti le foglie cotiledonari di queste piante nella germinazione, si trovano verdi mentre sono ancora sotto la terra, ed appena compariscon sopra, cominciano subito a funzionare, come le prime foglie verdi delle piante; 2.° che le Felci hanno le frondi con la clorofilla verde, la quale si sviluppa anche nella più profonda oscurità, purchè però la temperatura sia abbastanza elevata, circa 25° a 30° secondo Sachs, perchè se la temperatura è troppo bassa le frondi non inverdiscono, cosa che si osserva pure nei casi analoghi per i cotiledoni delle Conifere; 3.° che nei tronchi e nei rami delle piante angiosperme si trova nella corteccia lo strato erbaceo che è verde per la clorofilla, quantunque stia nascosto alla luce per lo strato sugheroso che lo ricuopre.

Nel più gran numero di piante o organi vegetali però, la luce è condizione necessaria per la formazione clorofillica; ma siccome la luce solare è il risultato di sette colori, dobbiamo vedere quali di questi sette colori agiscono più direttamente sulla formazione della sostanza verde.

L'abate Tessier pare che sia stato il primo che abbia studiato la influenza dei diversi elementi della luce bianca sulla clorofilla, sin dal 1783, ed è quindi a lui che si devono gli attuali studi su questa parte dell'azione luminosa. Ma perchè possa essere bene apprezzata deve tenersi presente, che i raggi chimici dello spettro non coincidono con quelli che fanno inverdire le piante, infatti, è noto l'esperimento, per cui decomponendo la luce solare, impiegandosi una soluzione di bicromato di potassa, ed una ammoniacale di ossido di rame, essa si divide in due metà, la prima soluzione lascia passare la parte meno rifrangibile dello spettro, cioè dal rosso al verde, e la seconda la parte più rifrangibile cioè dal bleu al violetto; or mettendo dietro tali liquidi piante intristite e carte fotografiche sensibilissime, mentre nella prima metà dello spettro le piante inverdiscono, le carte fotografiche si alterano pochissimo, esattamente il contrario avviene nella seconda metà; dunque quelli che chiamansi raggi chimici non esercitano che poca azione sui fenomeni chimici delle piante, ma invece molta nei meccanici come accrescimento, curvatura degli organi, etc.

Dallo esperimento citato si vede, che la maggiore attività della luce per produrre la clorofilla trovasi nella

porzione meno rifrangibile dello spettro, ma dei quattro colori che comprende questa porzione, secondo le osservazioni di Guillemin, sono i raggi gialli, i più attivi di tutti. Le conclusioni a cui arriva il detto autore sono le seguenti: La produzione della clorofilla ha il suo maximum nel giallo, diminuisce lentamente verso il violetto, ed oltrepassato questo non se ne produce più; dal lato del rosso la produzione va diminuendo più rapidamente; i raggi aranci e rossi possiedono in alto grado la proprietà di produrre la clorofilla; i raggi bleu, verdi, aranci, rossi, fanno inverdire le piante intristite più rapidamente che i raggi solari, il giallo è uguale alla luce atmosferica diffusa.

Vi è un limite, oltrepassato il quale, l'intensità luminosa, anzichè favorire la formazione della clorofilla, esercita un'azione distruttiva. Quest'azione fu studiata da Haberlandt nelle foglie di Thuya, Cupressus ed altre Conifere dove, sopratutto nelle parti delle foglie più esposte alla luce, i grani di clorofilla perdono a poco a poco il loro contorno netto, e tendono a confondersi col protoplasma diventano le foglie gialle. Kraus ammette che questo fenomeno sia dovuto all' abbassamento di temperatura; ma però lo scoloramento che avviene avanti il freddo invernale e nelle parti della foglia più esposte alla

luce, non da ragione alla teoria del Kraus; oltrechè questo scoloramento per ingiallimento della clorofilla, fu osservato anche da Batalin in està con un sole molto ardente, il fenomeno lo vide pure locale, in modo che, una foglia non esposta alla luce resta verde, e se è ingiallita e si ricopre con un velo, dopo qualche giorno riprende il suo colore; dunque è un fenomeno dovuto alla luce e non alla temperatura.

Askenasy volendo spiegare i fatti citati, ammette due azioni della luce, l'una che distrugge e l'altra che ristaura la clorofilla, la prima agisce solo sulle soluzioni, infatti esse si scolorano sempre rapidamente se non sono mantenute all'oscurità, entrambe le azioni si fanno sentire nell'interno della cellula. Fa notare anche Askenasy l'azione analoga che esercita il sole sulla trasformazione della clorofilla in rosso o giallo che avviene in molti frutti, dove è sempre il lato più rischiarato dei pomi, peri, etc. che mostra con più intensità tale trasformazione.

L'abbassamento di temperatura può produrre lo scoloramento, ma per un altro fatto cioè, perchè la clorofilla delle cellule, staccandosi dalle pareti si ammassa nel centro, infatti come bene osservò l'istesso Kraus, basta un'elevazione di temperatura, alla luce o all'oscurità, per far ritornare la clorofilla nel pristino stato.

Per quelle piante che non possono vegetare sotto una luce intensa, come alcuni Muschi e Felci che vivono all'ombra dei boschi, le grandi piantagioni di Theobroma del Nicaragua e Venezuela, che per vegetare hanno di bisogno della fitta ombra di una specie di Erithryna (Bucaral), che gli indigeni chiamano perciò madre del cacao, non si sa ancora se l'azione nociva si debba alla luce intensa, come luce, o per l' energica traspirazione che produce.

Finalmente un altro caso di scoloramento è prodotto dai movimenti dei grani di clorofilla nell'interno della cellula. Una foglia p. e. di Pelargonium, posta sotto i raggi diretti del sole diventa di un verde più chiaro, ciò si osserva pure con le foglie di diverse altre piante, la causa di questo è, che per effetto dei raggi più rifrangibili, i grani di clorofilla che prima erano ripartiti nelle faccie superiore ed inferiore delle cellule, si ammassano nelle parti laterali, in modo che la porzione più visibile della parete cellulare, è diventata più pallida. Siccome i movimenti dei grani sono in tali circostanze, accompagnati dei movimenti del protoplasma incolore, non si è potuto determinare se è il protoplasma che è influenzato dalla luce, e che movendosi trascina la clorofilla, o se è questa che trascina il protoplasma.

Prillieux scostandosi da questi modi di vedere, opina che i movimenti siano prodotti dalla mutua attrazione dei grani, e da quella tra la clorofilla e le pareti cellulari.

Anche l'elettricità produce un effetto analogo, perchè correnti di una certa intensità fermano i grani in movimento col protoplasma, ammassando tutto in diversi punti della cellula.

Avendo esaminato l'azione solare sullo scoloramento della materia verde, esaminiamo ora il caso inverso.

Prendendo una pianta completamente intristita, ed esponendola al sole, si inverdisce, quest'azione comincia a verificarsi con una luce assai flebile, quai si è quella che permette appena di leggere i caratteri stampati, purchè però la temperatura sia sufficientemente elevata, e meglio se raggiunge tra i 25° e 30°; se la luce aumenta d'intensità l'inverdimento si fa proporzionalmente più rapido, però dietro le osservazioni di Guillemin e Famintzin, è fuori dubbio, che l'inverdimento si operi più rapidamente alla luce diffusa e più lentamente a quella diretta.

Per l'azione che esercitano le altre luci sulla clorofilla abbiamo un'osservazione di Cossa sull'effetto della luce del magnesio, che scolorisce la clorofilla, agendo come i raggi più rifrangibili, ed una di Hervè-Mangon

sulla luce elettrica, che se è potente, ed agisce per cinque giorni da undici a dodici ore al giorno su piante intristite, le colora di un bel verde.

Uno dei fenomeni su cui si fa sentire l'azione della clorofilla è la traspirazione, infatti Wiesner trovò, che le piante intristite traspirano meno di quelle con clorofilla. Questa traspirazione è più attiva nelle strie di assorbimento, e se si fa attraversare ad un fascio di luce una soluzione di clorofilla, si ha poco effetto sulla traspirazione, perchè, secondo il citato autore, i raggi più attivi sono stati assorbiti; in modo che la traspirazione nelle piante a clorofilla si accresce per l'assorbimento e la trasformazione dei raggi luminosi in calore, la tensione del vapor d'acqua chiuso negli spazi intercellulari è così aumentata, ed una parte mandata fuori.

La funzione più importante che si esercita per la clorofilla è la scomposizione dell'acido carbonico atmosferico, che scoprirono primi Pristley, Ingenhouz, Senebier, Seaussure, etc. Perchè questa scomposizione avvenga sono condizioni necessarie: 1.° che la pianta abbia organi verdi, 2.° che sia esposta alla luce, 3.° che sia sottoposta ad un calore sufficiente.

1.° La gran maggioranza delle piante possiedono questi organi verdi che sono visibilissimi, come le foglie, e

se alcune presentano un colore diverso, come p. e. l'Atriplex hortensis, abbiamo veduto che contengono la clorofilla, ma solo che essa è mascherata da sostanze coloranti diverse. Un organo che si presenta verde, secondo la teoria fisica sui colori dei corpi, importa, che assorbendo i diversi raggi cromatici che formano la luce bianca, riflette quelli verdi che arrivando al nostro occhio producono la sensazione di un corpo verde, ma però nelle piante i raggi verdi non sono tutti riflessi; infatti facendo attraversare ad un raggio di luce, una foglia, si osserva nello spettro assorbimento nel verde, dunque alcuni di questi raggi sono assorbiti e perciò utilizzati; come ancora se le piante riflettessero raggi verdi soltanto si spiegherebbe la morte delle piante che vegetano sotto le coperte delle foreste, dove non penetra che la luce verde riflessa da esse, ma come si potrebbe spiegare che alcuni vegetali come Muschi, Felci, etc. vi vegetano benissimo? Dovrebbe ammettersi allora ciò che crede il Bert, che le clorofille delle diverse piante non lascino passare esattamente gli stessi raggi, e siccome i raggi utilizzati sono diversi nelle diverse piante, si hanno i vegetali che possono vivere all'ombra dei folti alberi, perchè possono utilizzare i raggi emessi da questi alberi, e quelli che pel caso inverso non vi possono vivere.

Vi sono piante però che mancano completamente di clorofilla, come le parassite; di alcune di queste oggi si è dimostrato che sono fornite di clorofilla, sebbene in quantità più o meno piccola, così Wiesner la trovò nelle Orobanche e Neottia, ma dissimulata da altre sostanze; Chatin la trovò negli organi aerei del Limodorum; fu trovata pure assai abbondante nei giovani rami, nel centro del peduncolo, nel pistillo e nei semi della Cuscuta; e se Prillieux, basandosi principalmente sul fatto che le piante di Neottia non emettono ossigeno, crede che in queste la clorofilla non esista, mentre la pianta è viva, ma si formi allorchè i cristalloidi si alterano ed inverdiscono, questo, non toglie nulla, trattandosi di piante umicole, in cui l'azione della sostanza verde, come vedremo, non è necessaria.

2°. Perchè però la clorofilla possa agire, è necessaria una certa intensità luminosa, alla luce diffusa del giorno le cellule verdi funzionano con una certa attività, ma è sotto l'azione diretta della luce solare, che il fenomeno raggiunge la massima energia.

3°. Riguardo alla temperatura necessaria, si sono trovate cifre differenti per le diverse piante, e stanno tra 0°5 a 15° come limite più basso, ma non si hanno ancora dati numerosi e precisi; certo che anche per questa funzione ogni pianta ha i suoi limiti propri.

L'acido carbonico scomposto proviene da quello atmosferico (0,0004), ma al solo considerare, che nelle sostanze che formano la tessitura delle piante, il carbonio vi entra per la metà, può vedersi la grande necessità che hanno le piante della funzione di riduzione dell'acido carbonico; infatti sotto un clima temperato, è stato calcolato, che un ettaro di terreno, coperto di piante erbacee, o arboree, fissa in un anno da 1500 a 6000 chilogrammi di carbonio.

Le piante parassite ed umicole non hanno bisogno della clorofilla, perchè prendono il carbonio direttamente dalle combinazioni organiche su cui o in mezzo a cui vivono, ma meno per questa classe di piante, per tutte le altre è necessaria la clorofilla.

Nel mare, alla profondità di 200 braccia, secondo il calcolo di Edward Forbes, non esiste più vegetazione, perchè sarebbe impossibile, non trovando le alghe la luce necessaria per la respirazione clorofillica; a quella profondità se alcuni raggi solari arrivano a penetrare, nei punti in cui le acque sono più limpide, sono intercettati dalle molecole opache che l'acqua marina tiene sospese, e dagli organismi che nuotano.

Se gli organi a clorofilla non hanno la luce sufficiente, anzichè scomporre l'acido carbonico, lo emettono, ve-

nendo meno di mano in mano la nutrizione, come avviene in diverse piante che vogliono coltivarsi dentro le stanze, in cui non arriva copia sufficiente di luce, come osservasi pure negli organi non verdi, nelle foglie e nelle gemme nascenti che cominciano, come osservò Corenwinder, coll'esalare carbonio immettendo ossigeno, poi questa funzione si va invertendo, come gli organi si vanno sviluppando ed arricchendo di sostanza verde.

Nelle piante poste all'oscurità prolungata, anche quando la materia verde è scomparsa, la sostanza che le può dare nascimento rimane; infatti basta trattare le cellule intristite con acido solforico, per vederle subito ritornare verdi, mentre quelle che non devono contenere clorofilla restano incolori. Per comprendere questo fatto bisogna notare la cosa seguente.

La clorofilla verde sottoposta all'azione dell'idrogeno nascente, come facemmo già notare, si scolora cambiandosi in clorofilla bianca; la clorofilla verde, sotto la luce, scompone una porzione di acqua, cosa che spiega, il perchè gli organi verdi emettono o l'istessa quantità o più dell'ossigeno ricevuto per mezzo dell'acido carbonico; l'idrogeno di quest'acqua che arricchisce la clorofilla bianca, con la luce passa in altri corpi e la clorofilla diventa verde. Ora nell'oscurità la materia verde

conserva per qualche tempo la sua facoltà riduttrice, ed allora le due clorofille possono unirsi, formando un corpo incolore; l'acido solforico sdoppia le due clorofille, facendo comparire quella verde. Questa ipotesi fu data da Gautier per ispiegare l'azione dell'acido solforico, che era stata trovata da Sachs.

Un'azione analoga all'acido solforico esercita l'aldeide formica, infatti Kraus mettendo piante intristite, con le radici in una soluzione del 1[15 di alcool metilico, ebbe per risultato che le piante inverdirono, e piante verdi immerse in simile soluzione e poste all'oscurità, si mantennero verdi.

Il maximum di decomposizione dell'acido carbonico, come trovò Timiriazeff esperimentando con lo spettro della clorofilla, avviene nella striscia di assorbimento, vengono poi in ordine decrescente l'arancio, il giallo, ed il verde; nel rosso estremo anzichè decomposizione vi ha produzione di acido carbonico.

Un solo esempio si ha sinora di organi verdi che agiscono come quelli di altro colore o come i tessuti animali, questo esempio fu trovato da Saint-Pierre e Magnien, che esaminando il gas contenuto nei frutti ancora verdi di Colutea arborescens, lo trovarono povero di ossigeno e con 0,50 a 2,22,0[0 di acido carbonico; i ci-

tati autori non dànno spiegazioni di questo fatto, nè può facilmente darsi, anche ammettendo che l' esperimento sia stato esatto e i risultati sicuri.

È necessario, qualunque sia l'organo vegetale, che per formarsi la clorofilla vi sia una piccola quantità di ferro, ho detto piccola, perchè l'esperienza ha dimostrato che una dose elevata uccide rapidamente le piante. S'ignora sinora se il ferro sia contenuto nella formola chimica della clorofilla, ma la sua azione non può misconoscersi, quando si vede che, facendo vegetare piante in terreni artificiali completamente privi di ferro, come fece Salm-Hastmar, soggiacciono esse ad una reale clorosi. In questo caso l'azione del ferro può fare ritornare il colorito verde ordinario; se però si somministra in soluzione, con cui si bagnano gli organi esternamente, allora la sua azione è locale, e l'osservò primo il Gris, il quale bagnando le foglie con la detta soluzione, non uniformemente, ma in dati punti, questi inverdirono, mentre che quelli non toccati dalla soluzione restarono clorotici.

Ne' movimenti vegetali causati dall'eliotropismo e dal geotropismo, come anche nell'avvolgimento delle piante volubili e dei cirri, tutte le esperienze hanno dimostrato che la clorofilla non esercita azione alcuna; infatti le

piante intristite e poste nell'oscurità seguitano ad avvolgersi, solo la Dioscorea batatas, posta fuori della luce, seguita ad avvolgersi, ma come perde la clorofilla e si intristisce, cessa di essere volubile.

Negli altri movimenti, come il sonno delle foglie, la sensibilità della Mimosa, l'apertura e chiusura dei fiori, la luce esercita la sua azione nel senso, che le piante dotate di questi movimenti, poste nell'oscurità prolungata, o restano in una determinata posizione, come le foglie delle Papilionacee che prendono la posizione del sonno, o prendono quella che segue un eccitamento, come le foglie della Mimosa, o eseguono i loro movimenti, sia più debolmente, sia con ordine diverso, come la più parte dei fiori che si aprono e chiudono nel giorno e nella notte. Però l'effetto della luce si fa sentire, tanto negli organi verdi, che in quelli di altro colore, quindi deve escludersi l'idea che la clorofilla vi eserciti azione importante; e poi la causa di questi movimenti, o è dovuta allo stato di tensione degli organi, causato dalla diversa quantità di acqua contenuta, o ad un movimento di contrazione delle pareti cellulari, come vogliono altri, ma niente autorizza a credere che la causa si debba alla sostanza verde.

Le esperienze, che sinora mancano, sopra le piante

sensibili o eccitabili, se completamente intristite, conservano i loro movimenti, ci potrebbero spiegare se e sino a qual punto vi entri la clorofilla; il fatto che queste piante poste nell'oscurità prolungata, finiscono col restare in una posizione determinata, perdendo temporaneamente l'eccitabilità, ci può far supporre che intristendosi completamente, la debbano perdere del tutto. Il caso trovato da Hekell che nelle cellule degli stami irritabili di Mahonia e Berberis, quando sono in riposo, il contenuto è sparso per le pareti; e quando irritate, ammassato nel centro, non ci dà alcuna luce.

Nella cellula vivente i grani di clorofilla sono sempre completamente immersi nel protoplasma, questa disposizione è necessaria perchè non si alterino: infatti il protoplasma vivente impedisce la diffusione degli acidi, di altri corpi come il tannino, la terebentina, etc., e la penetrazione diretta dei raggi luminosi; questi agenti messi in contatto con la materia verde, l'alterano subito e ne distruggono le funzioni, come abbiamo veduto più sopra parlando delle soluzioni clorofilliche, è quindi il protoplasma che serve di difesa alla clorofilla. Se questo si uccide con un mezzo qualunque p. e., con la temperatura troppo elevata, con un acido etc., allora diviene permeabile, gli agenti sopra citati arrivano alla clorofilla

e la alterano; da ciò nasce che un organo verde appena muore altera il suo colore, come può vedersi immergendolo nell'acqua bollente, in cui diventa più oscuro (2).

(2) La vegetazione di un organo atmosferico nell'acqua, pare che non porti cambiamenti nella clorofilla, nè nelle funzioni che da essa dipendono, finchè l'organo vive. Sono arrivato a questa conclusione del fatto che osservai, di un ramo di Nicotiana guarnito di foglie e gemme che, tagliato dalla pianta madre e immerso dal lato tagliato, fino a certo punto, in un bicchiere ripieno d'acqua, e posto in luogo in cui vi arrivava una debole luce diffusa, sviluppò una gemma, che prima era appena visibile, nella porzione che stava sempre immersa. Questa gemma sviluppò foglie, che si andavano sempre accrescendo, di un verde intenso come le altre; e probabilmente sarebbero arrivate alla grandezza completa, se finalmente la morte del ramo non avesse portato di conseguenza la morte di queste foglie che si sviluppavano nell'acqua.

L'unica differenza che osservai fu, che la detta gemma cominciò a svilupparsi dopo le altre che stavano nell'atmosfera e le foglie da essa nate crescevano più lentamente; ma siccome l'esperimento lo feci nel cuore dell'inverno, per altri studi che ho in corso, credo che questa differenza fu dovuta, all'acqua che circondava la gemma, che si manteneva sempre più fredda della circostante atmosfera.

Da questo fatto non so quanta credenza possa darsi alle conclusioni di Mer, che nella sua memoria " *Des efforts de l'immersion sur le feuilles aériennes* „ dice che l' immersione apporta sempre una sospensione nelle funzioni vitali, e che le foglie non ancora completamente sviluppate non ingrandiscono più.

Avrò occasione altra volta di esaminare gli esperimenti e le conclusioni del Mer non essendo qui il luogo, perchè estranei al soggetto.

Però vi sono sostanze che sparse nell'ambiente in cui vegetano le piante, le uccidono, o per asfissia, o perchè portano altre perturbazioni alle funzioni vitali; come sarebbe p. e. l'acido solforoso, che sparso nell'atmosfera, anche in piccola dose, è mortale perchè, come osservò Schrader, diminuisce la traspirazione. Nei casi di asfissia le foglie conservano, tanto esternamente, che nei tessuti interni, tutta l'apparenza della vita. Tali sostanze non possono agire subito sulla clorofilla, ma purnondimeno essa esercita la sua azione, nel dare alle piante la sensibilità per le sostanze deleterie, infatti il Boussingault vide che i semi sottoposti ai vapori mercuriali, non se ne risentivano finchè le pianticine erano scolorite, ma come si formava la clorofilla subito morivano; pare quindi che le piante sieno sensibili ai veleni dopo la comparsa della clorofilla, come gli animali dopo quella del sangue. Oltrecchè, quando i vapori mercuriali esercitavano la loro azione sulle piante verdi, mentre la respirazione clorofillea era molto perturbata, la vera respirazione vegetale non era punto turbata; dunque l'azione del mercurio si esercitava esclusivamente sulla sostanza verde (3).

(3) Ho esperimentato con l'acido solforoso, per vedere il diverso modo secondo cui si comporta sulle piante verdi e su

Un' azione notevole è quella prodotta dagli anestetici. Si conosceva da un pezzo la loro azione sulle foglie della Mimosa a cui faceva perdere la sensibilità a qualunque eccitazione, ma è da poco tempo che Claude Bernard dimostrò la loro azione sulle funzioni della clorofilla. Sottoponendo una pianta ad un ambiente in cui vi fosse sparso dell'etere, essa arresta la sua respirazione clorofillica, e pur nondimeno mantiene il colore verde, e nessuna alterazione esterna la perturba. Esaminando le cellule, si vede che esse, per l'azione dell'etere, diventano leggermente opache, dice Bernard come il vapore

quelle intristite. Per le prime ho trovato confermate le osservazioni di Schräder, per le seconde ho osservato; in una pianta di Vicia la morte, solo dopo circa 36 ore, ed in piante di Triticum, la innocuità dell' acido solforoso sulla vita, mentre l'accrescimento rimaneva stazionario. Con l'alcool sparso nell'atmosfera osservai: sulle piante intristite, semplicemente l'arresto di sviluppo, senza cambiamento del colorito, anzi poste poi in atmosfera ordinaria, ricominciavano le funzioni ordinarie; su quelle verdi, se l'atmosfera sotto la campana era sufficientemente secca, in modo che l'alcool poteva subito espandersi, un colorito bruno che invadeva le foglie, cominciando dalla lamina e poi espandendosi al picciuolo, cambiamento che era seguito dalla morte di tutta la pianta, e ciò nel giro di due o tre ore; in un'atmosfera umida, in due esperimenti fatti sopra piante di Triticum, le alterazionl dopo molte ore parevano appena accennate.

di acqua che si deposita sopra un globo di vetro, cessando l'azione dell'anestetico ridivengono trasparenti ed attive. Può darsi che l'etere, apportando un turbamento nel protoplasma che circonda i grani di clorofilla, impedisca all'acido carbonico di arrivare sino ad essi, impedendo di conseguenza, la loro respirazione (4).

(4) Ho trovato, che l'etere sparso nell'atmosfera, esercita la sua influenza sulla produzione della clorofilla. Ciò ho provato col seguente esperimento: In un vaso ho seminato semi di Triticum, che feci germinare all'oscurità, poi quando erano arrivate le piante ad una altezza di 6 centimetri, li esposi alla luce diffusa, alcune però coperte da una campana di vetro dentro cui posi una piccola capsula ripiena di etere, in modo che l'atmosfera ne fosse impregnata. Tenni così il vaso per più di 24 ore alla luce, dopo il qual tempo, le piante poste dentro la campana non si erano accresciute, e conservavano il colorito bianco, mentre quelle fuori la campana, erano arrivate a circa il doppio di altezza, si erano completamente inverdite, ed avevano spiegato la fogliolina. Dunque l'etere aveva impedito l'accrescimento e l'inverdimento della clorofilla, quantunque le pianticine fossero esposte alla luce.

Sostituendo in altro vaso all'etere l'alcool, l'accrescimento e l'inverdimento li trovai molto diminuiti, ma non arrestati completamente come nella prima esperienza. Pare quindi che anche l'alcool eserciti un'azione analoga a quella dell'etere, ma molto meno energica.

In questa nota e nella precedente ho semplicemente voluto accennare a risultati ottenuti, senza discuterli, dovendone estesamente parlare in uno studio speciale, non ancora completo.

Un ultimo fatto importante a rimarcarsi si è quello, che la clorofilla quando esiste negli organismi animali, agisce in essi come negli organismi vegetali. La sostanza verde fu trovata da Schultze e Balbiani in alcuni animali inferiori come Hydra viridis, Euglena viridis, Vortex viridis, Mesostomum viridatum, Derostomum coecum, Stentor polymorphus, Ophrydium versatile e Bursaria vernalis; in questi animali la clorofilla si presenta in piccole granulazioni simili a quelli vegetali e gode dell'istessa proprietà di ridurre l'acido carbonico emettendo l'ossigeno. Un'altra proprietà, simile a quella che presentano le zoospore e le Volvocinee, fu scoperta pel primo dal Tremblay nelle Hydre; questi animaletti mantenuti in un vaso, rischiarato da un solo lato, si diriggono rapidamente verso questo lato, traversando per rendervisi regioni completamente oscure. Gli zoologi, per quanto li avessero esaminato minutamente, non vi hanno scoperto nemmeno rudimenti di apparecchi oculari, è chiaro quindi che essi fossero influenzati dalla luce, come lo sono gli organismi vegetali sopra citati (5).

(5) In prova di ciò abbiamo i seguenti fatti trovati da P. Geddes (Comp. rend. 1878). Le Planarie verdi stanno negli stagni, nella parte esposta al sole; messi in un vaso con acqua si diriggono verso la luce, in cui fanno movimenti più vivi;

quando sono colpiti dai raggi solari, dopo qualche minuto cominciano a mandare bolle di ossigeno nell' istessa proporzione delle alghe verdi; poste nell' oscurità muoiono, mentre nella luce diffusa arrivarono a vivere due settimane, perchè decomponevano l'acido carbonico; trattate con l'alcool danno una prima soluzione gialla, e poi una seconda di clorofilla di un bel verde; per mezzo dell'acqua jodata dimostrano la presenza di amido vegetale ordinario, in quantità considerevole, nei loro tessuti.